

УДК: 681.372+656.34

DOI: <http://doi.org/10.20535/0203-3771372019171684>

О. В. Збруцький¹, професор, д.т.н., **Т. А. Левченко²**, студент

МІНІАТЮРНИЙ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИЙ ПІКОПОЛЯРИМЕТР ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СТРАТОСФЕРНОГО ОЗОНОВОГО ШАРУ ЗЕМЛІ

En

The objective of the project is to create structural and functional schemes of the device, create a ground model for testing in laboratory conditions.

The following methods are used: algorithmic processing of measurement results. Structural diagrams of a UV polarimeter and a functional scheme of a UV polarimeter have been developed. An operability of the device was analyzed. The developed algorithm for processing the measurement results will determine the degree of stratospheric ozone polarization. The obtained results will assess the state of Earth's ozone layer.

Ru

Цель проекта – создание структурной и функциональной схем прибора, создание наземного макета для проведения испытаний в лабораторных условиях.

Использованы следующие способы: алгоритмическая обработка результатов измерения. Разработана структурная схема УФ поляриметра, функциональная схема УФ поляриметра. Расчетным путем проанализирована работоспособность прибора. Разработанный алгоритм обработки результатов измерения позволит определить степень поляризации стратосферного озона. Полученные результаты позволят оценить состояние озонового слоя Земли.

¹ КПІ ім. Ігоря Сікорського

² КПІ ім. Ігоря Сікорського

Вступ

Одним із факторів, що визначають формування глобального клімату на Землі є стратосферний аерозоль [1]. Зміна погоди та клімату Землі залежить від температурного балансу планети, іншими словами, від випромінювання, що надходить від Сонця та випромінювання, що надходить від Землі у космічний простір. Зміни коефіцієнтів пропускання і відбиття є визначальними у порушенні цього балансу. Варіації газової та аерозольної складових атмосфери вносять значний вклад у порушення цього балансу. Особливе місце в атмосфері займає стратосфера і її озоновий шар, який захищає Землю від жорсткого ультрафіолетового випромінювання.

Таким чином, дослідження озонового шару планети є актуальною задачею. Саме тому було запропоновано виконати вимірювання поляризаційних компонентів дифузійно-відбитого атмосферного сонячного випромінювання за допомогою ультрафіолетового поляриметра (УФП), який буде встановлено на борту пікосупутника [2-3].

Результати, що будуть отримані у ході цього експерименту дозволять визначити ступінь поляризації стратосферного озону, і, як наслідок, стан озонового шару Землі [4]. Наукові результати дозволять наблизитися до розв'язання задачі впливу аерозольної компоненти на зміни озонового шару Землі [5-6].

Можливими галузями застосування отриманих результатів є екологія, метеорологія, фізика.

Постановка задачі

Метою є проектування ультрафіолетового поляриметра. Розглядається двоканальна схема будови інформаційно-вимірювальної техніки.

Вирішення задачі

Для дослідження стану озонового шару Землі планується наступний космічний експеримент (рис. 1).

На рис. 1. позначено: L_λ – випромінювання із довжиною хвилі λ , φ – фазовий кут, μ_0 – кут падіння, μ – кут відбиття, β – кут поля зору, α – кут відхилення осі поля зору від надиру.

За допомогою УФП, який буде встановлено на борту пікосупутника, систематично, у кожний із його обертів навколо Землі, виконувати вимірювання поляризаційних компонентів дифузійно-відбитого атмосферного сонячного випромінювання. Такі дані можна отримати за допомогою космічного УФП, що працює у діапазоні хвиль 230–350 нм.

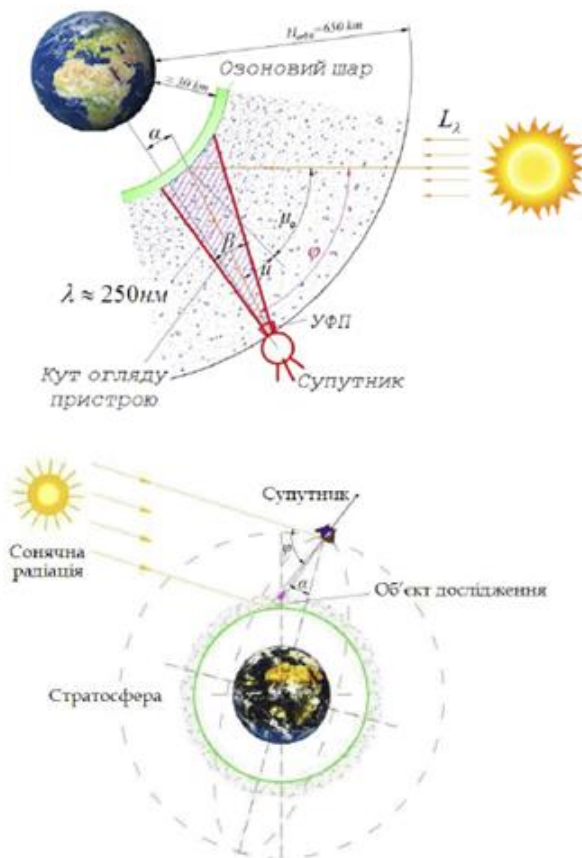


Рис. 1. Схема космічного експерименту

Оскільки прилад буде функціонувати в умовах відкритого космосу, то необхідно враховувати це під час розрахунків елементів конструкції, а також компенсувати негативний вплив космосу, у першу чергу, температурний. Це можливо зробити або конструктивно, зробивши термопрокладку, або функціонально, компенсавши у вихідному сигналі пристрою складову, що викликана відмінністю робочої температури від температури нормальних умов.

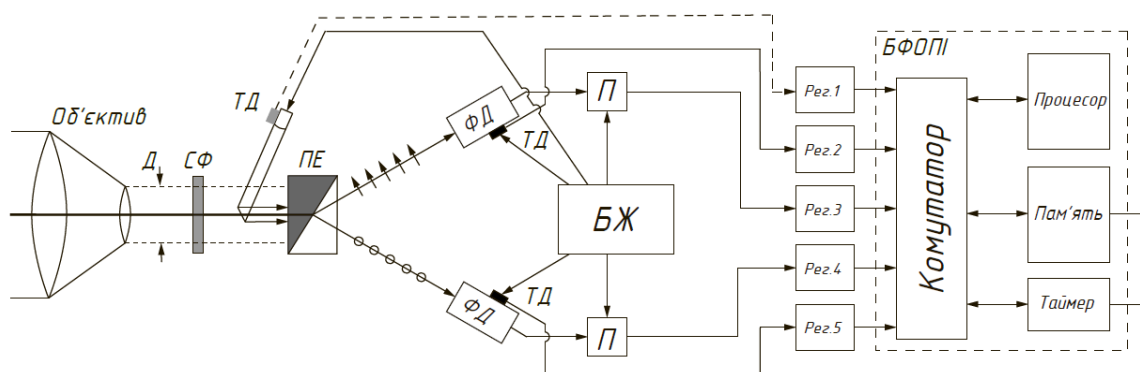


Рис. 2. Структурна схема УФП

На рис. 2. позначено: Д – діафрагма, СФ – світлофільтри, ТД – термомдатчики, ПЕ – поляризаційний елемент, ФД – фотодіод, П – підсилю-

вач, БЖ – блок живлення, Рег. – реєстр, БФОП – блок формування, обробки та передачі інформації.

На рис. 2. представлена двоканальна структурна схема УФП, що не має у своєму складі рухомих частин. Поляризоване УФ світло поступає на вхід оптичної частини УФП (рис. 3), яка представлена на схемі у вигляді об'єктиву, діафрагми, світлофільтра та поляризаційного елемента, де розкладається на два пучка УФ світла, які, у свою чергу, надходять на фотодіоди, звідти на підсилювачі. Блок живлення з'єднано із фотодіодами, термодатчиками та підсилювачами. До фотодіодів прикріплено термодатчики. Вихідні сигнали із підсилювачів та термодатчиків поступають у реєстри і через комутатор направляються в процесор та пам'ять, також до комутатора приєднано таймер.

На рис. 3. позначено: L_1 та L_2 – лінзи Френеля, фокуси яких знаходяться в одній точці для отримання паралельного пучка світла; D – діафрагма; ПВ – призма Воластона; ФП – фотоприймач.

Обидва канали мають загальну для усіх вимірювальних перетворювачів лінійну структурну схему:

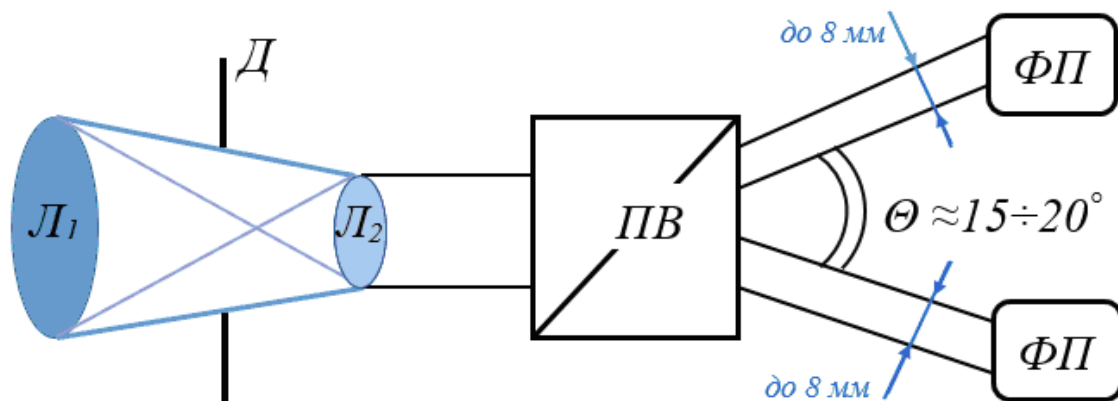


Рис. 3. Оптична схема УФП

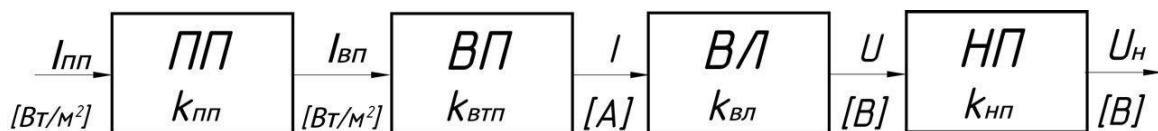


Рис. 4. Структурна схема каналу УФП

На рис. 4. позначено: ПП – первинний перетворювач; ВП – вторинний перетворювач; ВЛ – вимірювальна ланка; НП – нормуючий перетворювач.

У загальному вигляді УФП планується доповнити наступними елементами:

– оптична частина (діафрагма, лінзи, призма Воластона, світлофільтри);

- блок реєстрації корисного сигналу та обробки отриманої інформації (фотоелектричні приймачі (фотодіоди), датчики температури і тиску, частото вимірювач (блок корекції сигналів), АЦП, управління УФП (бортовий обчислювач));
- блок передачі інформації на Землю (кодер, радіопередавач, радіоканал тощо).

Прилад функціонує наступним чином: пучки УФ світла потрапляють на фотодіоди, що працюють у генераторному режимі і є, по суті, джерелами струму у вимірювальному ланцюзі.

Вимірювальний ланцюг дає на виході напругу, що пропорційна енергії світла, що потрапляє на фотодіод. Також на вихід потрапляє сигнал із термодатчиків, що компенсує температурну похибку вимірювань. Ці напруги вимірюється за допомогою плати *ATmega32BP-PV*, що знаходиться на платі *Arduino Uno*. Пропорційний напрузі аналоговий вихідний сигнал у діапазоні від 0 до 1023 перетворюється у значення поляризації у відсотках.

Висновки

На основі аналізу стану проблеми був зроблений вибір космічного експерименту шляхом систематичного зняття показів датчика встановленого на борту супутника при обертанні супутника навколо Землі. Було розроблено прилад із наступними характеристиками: габаритні розміри 150×150×250 мм. Функція перетворення є лінійною. Діапазон вимірювання інтенсивності світла $I = 0 - 100 \text{ Вт/м}^2$. Вихідний сигнал – постійна напруга $U = \pm 5 \text{ В}$. Вимірюваною величиною є інтенсивність світлового потоку випромінювання $I \text{ [Вт/м}^2]$, що є вихідною величиною оптичної частини проекту. Завдяки енергетичного розрахунку були отримані необхідні характеристики фотодіоду. Їм відповідає фотодіод *GUVA S12SD*, який було обрано як вторинний перетворювач $\left(k_{\text{ВП}} = 1,11 \cdot 10^{-8} \frac{\text{А} \cdot \text{м}^2}{\text{Вт}} \right)$. Відповідно до пара-

метрів фотоприймача була розроблена вимірювальна ланка, яка забезпечує лінійне перетворення сигналу вимірюваної інформації $\left(k_{\text{ВЛ}} = R \cdot K = 2,5 \cdot 10^6 \frac{\text{В}}{\text{А}} \right)$, а також нормуючий перетворювач ($k_{\text{НП}} = 1,8$), що приводить вихідну напругу до стандартних значень.

Розрахунковим шляхом було проведено аналіз працездатності приладу. Програмним шляхом була отримана можливість виводу результатів вимірювання на екран комп'ютера за допомогою плати *ARDUINO UNO*.

Дані отримані за таким космічним експериментом дозволять проаналізувати наявність аерозольної компоненти, що впливає на зміну озонового шару Землі. Такий УФП планується встановити на борту пікосупутника КБ «Південне».

Список використаної літератури

1. *Morozhenko A. V., Vidmachenko A. P., Nevodovskyi P. V.* Aerosol in the Upper Layer of Earth's // *Kinematika Fizika Nebesnykh Tel.* — 2013. — Vol. 29, No. 5. — P.243–256.
2. *Неводовський В. П., Збруцький О. В., Сарибога Г. В., Левченко Т. А., Відьмаченко А. П., Мороженко О. В., Івахів О. В.* Випробування макету поляриметра УФП на телескопі АЗТ-2 // Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених. Актуальні проблеми астрономії і космонавтики”, Україна, Київ, 26–27 травня 2016 р. Програма і тези доповідей. — С.66–67.
3. *Сарибога Г. В., Левченко Т. А., О. А. Соболенко* Розробка, виготовлення та випробування ультрафіолетового поляриметра для дослідження поляризаційної складової стратосферного шару Землі (УФП) // 17 Українська конференція з космічних досліджень, Україна, Одеса, 21-25 серпня 2017 р. Тези доповідей конференції. – С. 226.
4. *Мороженко О. В.*, *Методи і результати дистанційного зондування планетних атмосфер.* Київ: Наукова думка.– 2004.–647 с.
5. *Левченко Т. А., Матющенко А. С., Сарибога Г. В., Збруцький О. В., Неводовський П. В., Олійник О. О.* . Дослідження поляризаційної складової стратосферного озонового шару Землі за допомогою ультрафіолетового поляриметра // XX Міжнародна молодіжна науково-практична конференція «Людина і космос», Україна, Дніпро, 11–13 квітня 2018 р. Збірник тез – С. 19.
6. *Левченко Т. А., Матющенко А. С., Сарибога Г. В., Збруцький О. В., Неводовський П. В., Олійник О. О.* Дослідження поляризаційної складової озонового шару Землі за допомогою ультрафіолетового поляриметра // Міжнародна наукова конференція “Астрономічна школа молодих вчених. Актуальні проблеми астрономії і космонавтики”, Україна, Умань, 23–24 травня 2018 р. Програма і тези доповідей. — С.111–112.
7. [Електронний ресурс]. [Режим доступу]:
<http://pskla.kpi.ua/learning/workshops/875-seminar-shchodo-rozvitku-konkursnikh-proektiv-za-pidtrimki-institutu-kosmichnikh-doslidzhen>
8. [Електронний ресурс]. [Режим доступу]:
<http://pskla.kpi.ua/publications/materials-of-conferences?download=331:khi-mizhnarodna-konferentsiia-studentiv-ta-molodykh-vchenykh-intelligence-integration-reliability-2018>
9. [Електронний ресурс]. [Режим доступу]:
<http://pskla.kpi.ua/learning/research/713-polyarizatsijni-doslidzhennya-stratosfernogo-sharu-zemli-za-dopomogoyu-ultrafioletovogo-polyarimetru>